云 南 植 物 研 究 1993; 15 (3): 269—274
Acta Botanica Yunnanica

# 国产山龙眼科花粉形态及外壁超微结构的研究

韦仲新 徐廷志
(中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204)

**摘要** 对国产山龙眼科的山龙眼属 *Helicia* Lour., 假山龙眼属 *Heliciopsis* Sleum., 及引种的银桦属 *Grevillea* R. Br. 共 13 种的花粉形态进行了光镜及电镜的观察研究。着重比较了花粉表面的纹饰特征及花粉壁的结构层次和各层的厚度及其比例。山龙眼属的花粉具粗糙-颗粒状纹饰，外壁较薄，仅 1—1.2μm，其中复盖层 0.3—0.4μm，柱状层 0.15—0.2μm，基层 0.5—0.6μm。假山龙眼属的花粉具网状纹饰，外壁厚达 2.5—3μm，为前一属外壁厚度的 2 倍多，其中复盖层 0.5—0.7μm，柱状层及基层分别为 0.8—1μm 及 1—1.5μm，均比山龙眼属的厚得多。孢粉学上支持 Sleumer H.的观点，将原隶属于山龙眼属的具此特征的一些种独立出来建立假山龙眼属。假山龙眼属的花粉形态及外壁超微结构特征与分类系统上疏远的、被 Johnson 置于山龙眼科不同亚科的 *Sphalmium* 属和 *Carnarvonia* 属的具有很大的相似性，表现在具有网状的外壁纹饰，厚的外壁层及基层。由此作者认为，似乎有必要进一步对该科相关属的花粉作深入的对比研究，并吸收其它学科的资料，以便对它们的亲缘关系问题作出合理的处理或重新考虑其系统安排。银桦属的花粉与山龙眼属及假山龙眼属的差异较大，表明其关系疏远。

**关键词** 山龙眼科; 山龙眼属; 假山龙眼属; 银桦属; 花粉形态; 超微结构

# POLLEN MORPHOLOGY AND WALL ULTRASTRUCTURE OF PROTEACEAE IN CHINA

WEI Zhong-Xin, XU Ting-Zhi
(*Kunming Institute of Botany, Academia Sinica,* Kunming 650204)

**Abstract** This paper examined pollen grains of *Helicia* Lour., *Heliciopsis* Sleum. and *Grevillea* R. Br. with LM, SEM and TEM. The result showed that the exine sculpture and the thickness of various wall layers of *Heliciopsis* , on the one hand, are different from these of *Helicia,* the former with reticulate sculpture and thicker wall layers(tectum 0.5—0.7μm, columellae 0.8—1μm, foot layer 1—1.5μm, the total exine 2.5—3μm), the latter with scabrate-granulate sculpture and thinner wall layers(tectum 0.3—0.4 μm, columellae 0.15—0.2 μm, foot layer 0.5—0.6μm, the total exine only 1—1.2 μm), and on the other hand are similar to those of Sphalmium and Carnarvonia, both of which also have reticulate sculpture and thicker wall layers. Palynology supports Sleumer's view to separate *Heliciopsia* from *Helicia. Heliciopsis, Sphalmium* and *Carnarvonia* are remotely related in Johnson's system, but because of their similarity of pollen morphology including exine sculpyure and the thickness of various wall layers, it seems necessary to reconsider their phylogenetic relationships by further study of other related genera, especially those of

1992-06-04 收稿

Grevilleoideae of Proteaceaeand at the same time incorporation other data on various subjects.

**Key words** Proteaceae; *Helicia; Heliciopsis; Grevillea;* Pollen morphology; Ultrastructure

山龙眼科 Proteaceae 共 1300 多种，主产大洋洲和非洲南部，亚洲及南美洲也有分布。通常分为两个亚科，约 60 多个属。Johnson 后来增加了 3 个新亚科，因而现有 5 个亚科，即：Proteoideae，Persoonioideae，Sphalmioideae，Carnarvonioideae 和 Grevilleoideae，属也增至 75 个[1]。我国有山龙眼属 *Helicia* 及假山龙眼属 *Heliciopsis*。引种的有银桦属 *Grevillea* 和澳洲坚果属 *Macademia*。这 4 个属在 Johnson 的系统中均置于银桦亚科 Grevilleoideae[1]。山龙眼属约 90 种，分布于亚洲及大洋洲。据中国植物志记载，我国有 18 种，2 变种，分布于我国西南至东南各省区[2]。假山龙眼属植物原隶属于山龙眼属。1955 年 Sleumer 以马来假山龙眼 *Heliciopsis velutina* （Prain） Sleum.为模式种建立了该属，认为它具有山龙眼属（花药无柄）及澳洲坚果属（胚珠直生，下垂）的特征，但不同的是雌雄异株，果皮分化明显以及花粉壁表面为网状纹饰，因此应独自成为一属[3]。这一主张得到大多数学者的支持。该属现约有 10 种，局限于亚洲南部及东南部。我国有 3 种，产于云南、广东、广西和海南等省。

山龙眼科花粉形态的研究国内外均有过不少的报道[4—9]。但多数研究仅限于光学显微镜的简单观察[7—9]；在国外则只对少数属种作过扫描电镜及透射电镜的研究[4—6]。本文首次报道中国产山龙眼属和假山龙眼属以及引种的银桦属花粉超微结构的研究，对其花粉形态、纹饰特征以及外壁各层的厚度作了详细的比较，并从孢粉学角度，初步探讨了这 3 个属的属间关系。与此同时，还对假山龙眼属和 *Sphalmium* 属以及 *Carnarvonia* 属的花粉形态及其外壁的超微结构作了比较，讨论了它们间的系统发育关系。

## 材料与方法

花粉均采自昆明植物研究所标本室(KUN)。光镜及扫描和透射电镜材料的处理、切片的制作、染色及观测等均与作者过去采用的方法相同[10]。

## 结 果

**山龙眼属 Helicia** Lour.

花粉粒辐射对称，扁球形，近等极，一极面稍凸起，另一面稍内凹。大小 13—23×20—28μm。极面观圆三角形至钝三角形，边直或稍凸。具 3 孔，角孔。外壁表面在电镜下为粗糙颗粒状至皱颗粒状纹饰。外壁由复盖层、柱状层、基层及发育较差且不连续（多限于萌发孔下方及附近）的外壁内层（endexine）组成。复盖层及基层稍厚，柱状层较薄。外壁内层在多数部位是不存在或仅呈松散而不连续的细颗粒状结构，而在萌发孔下方及两旁则呈厚而近似海绵状组织。

本属共观察 10 种，现分述如下：

**1. 镰叶山龙眼 Helicia falcate** 图版Ⅰ：1

花粉辐射对称，扁球形，近等极。极面观三角形。大小（12.8—15.3）14.3×22（20.4—24.2）μm。边直或稍凸或凹，形状和大小多变。角孔平。电镜下外壁为粗糙颗粒状纹饰。本种未做超微结构研究。

**2.长柄山龙眼 H. longipetiolata** 图版Ⅰ：2，5—6，10—11

花粉辐射对称，扁球形，近等极。大小为（13.5—16.8）15.3×24.2（21—26.5）μm。极面观圆三角形，边稍凸。角孔平。外壁粗糙颗粒状纹饰。复盖层稍厚，约 0.3μm，柱状层较薄，约 0.15μm，基层较厚，0.5—0.6μm，萌发孔旁外壁内层发达，呈海绵状结构，其它部位则很不发达。复盖层+柱状层与基层之比为 1：1。

**3.潞西山龙眼　H. tsaii**　图版Ⅰ: 3—4, 7—9

花粉辐射对称, 扁球形, 近等极。大小为(13—17.2)15.5×24.5(20.5—26.5)μm。极面观圆三角形，边稍凸，角孔平。外壁为粗糙颗粒状纹饰。复盖层厚 0.3—0.4μm，柱状层 0.15μm，基层较厚，约 0.6μm，复盖层+柱状层与基层之比为 1∶1.2。外壁内层在萌发孔两旁很发达，呈疏松的海绵状结构（见图版Ⅰ: 8—9 箭头处)。其它地方则未见到外壁内层。

**4. 西藏山龙眼　H. tibetensis**　图版Ⅱ: 1—2, 5, 7—9

花粉辐射对称, 扁球形，近等极。大小为（14—17.9）16.8×25.2（24.2—26.8）μm。极面观钝三角形至圆三角形，边直或稍凸。角孔凹陷。外壁为粗糙颗粒状纹饰。复盖层 0.3—0.4μm，柱状层较薄，约为 0.15μm, 基层较厚，约 0.6μm。复盖层+柱状层与基层之比为 1∶1.2。外壁内层仅在萌发孔旁较发育，其它地方不发育。

**5. 焰序山龙眼　H. pyrrhobotrya**　图版Ⅱ: 3

花粉辐射对称，扁球形，近等极。大小为（16.6—20.4）18.1×25.2(23—26.8）μm。极面观钝三角形，边直至稍凸，角孔稍凹。外壁为粗糙颗粒状纹饰。

**6. 广东山龙眼　H. kwangtungensis**　图版Ⅱ:4, 6, 10, 11

花粉辐射对称, 扁球形, 近等极。大小为(15.3—17.9)16.6×26(25.5—27)μm。极面观三角形，边直。角孔稍凹。外壁为粗糙颗粒状纹饰。外壁复盖层厚 0.3—0.35μm，柱状层 0.15—0.2μm，基层 0.5—0.6μm。复盖层+柱状层与基层之比为 1∶1 到 1∶1.2。外壁内层仅在萌发孔两旁发育，呈疏松的海绵状结构，而且与孔膜掺杂在一起，难以区分（图版Ⅱ: 10，11 箭头处)。

**7. 网脉山龙眼　H. reticulata**　图版Ⅲ: 1—2, 5—6, 10—11

花粉辐射对称, 扁球形, 近等极。大小为(15.3—17.9)16.6×24(23—25.5)μm。极面观从圆三角形至锐三角形变化不一。边平或凸或凹。角孔平。外壁粗糙颗粒状纹饰。复盖层厚 0.35μm，柱状层 0.2μm，基层 0.5—0.6μm。复盖层+柱状层与基层之比为 1∶1。外壁内层仅在萌发孔两旁发育，其它地方不见发育(图版Ⅲ: 10—11 箭头处)。

**8. 小果山龙眼 H. cochinchinensis**　图版Ⅲ: 3—4, 7—9

花粉辐射对称, 扁球形, 近等极。大小为(14—15.3)14.5×21.4(20.4—23)μm。极面观圆三角形, 边直或稍凸, 角孔平。外壁为粗糙颗粒状纹饰至皱颗粒状纹饰。复盖层厚 0.3—0.4μm, 柱状层 0.15μm, 基层 0.5—0.6μm。复盖层+柱状层与基层之比为 1∶1 到 1∶1.2。外壁内层仅在萌发孔两旁发育, 其它地方不见发育。

**9. 深绿山龙眼　H. nilagirica**　图版Ⅳ: 1

花粉辐射对称, 扁球形, 近等极。大小为(13.5—17.9)16.3×24.7(23—25.5)μm。极面观三角形，边直或稍凹。角孔稍凹陷。外壁为粗糙颗粒状纹饰。颗粒较细。此种未作透射电镜观察。

**10. 大山龙眼　H. grandis**　图版Ⅳ: 2, 5—6

花粉辐射对称, 扁球形, 近等极。大小为(17.9—23)19.4×28.6(25.5—30.6)μm。大小变化较大。极面观正三角形，边平直。角孔平。外壁为粗糙颗粒状纹饰。复盖层厚 0.3—0.35μm，柱状层 0.15—0.2μm，基层 0.5—0.6μm。复盖层 +柱状层与基层之比为 1∶1 至 1∶1.2。外壁内层在萌发孔两旁发育良好，难以与孔膜分开（见图版Ⅳ: 6 箭头处)。

**假山龙眼属　Heliciopsis** Sleum

花粉粒辐射对称, 扁球形, 等极或几乎等极。大小 33—46.5×46—63.5μm。极面观正三角形, 边稍凸。具 3 孔，角萌发孔。外壁为网状纹饰，网眼形状不一，常为多角形。网脊粗细较一致。外壁分为复盖层、柱状层、基层和极不发达的外壁内层。复盖层穿孔甚大，故切面上表现为半复盖；柱状层发达，其高度为复盖层厚度的 2 倍左右；基层较厚，为复盖层的 1.5 倍。

本属共观察2种。

**1. 痄腮树 Heliciopsis terminalis** 图版Ⅴ：3—4, 9—11

**2. 假山龙眼 H. henryi** 图版Ⅴ：1—2, 7—8

这两个种的花粉，从其形状、外壁纹饰及外壁层次的厚度等看，几乎没有差异。只是大小上略有不同。假山龙眼花粉大小为（33.2—45.9）38.8×52.3（45.9—63.8）μm；痄腮树的为（40.8—46.5）43.6×61.7（59.9—63.8）μm。本属的花粉形态特征与外壁层次的厚度均与山龙眼属花粉有较大的差异。假山龙眼的花粉具有网状的外壁纹饰；其外壁各个层次中，柱状层的厚度达0.8—1μm，为复盖层厚度的2倍左右（而山龙眼属的花粉，其复盖层的厚度为柱状层的2倍左右）。其基层也很厚，达1μm以上，复盖层+柱状层与基层之比为1：0.6。整个外壁的厚度达2.5—3μm，为山龙眼属花粉外壁厚度（1—1.3μm）的2倍多。但外壁内层很不发育。

**银桦属 Grevillea** R. Br

本属仅观察了中国引种的银桦 *G. robusta* 图版Ⅳ：3—4, 7—11

花粉粒辐射对称，扁球形，近等极。一面凸出，另一面平或稍凹。大小为(38.3—47.2)41.3×60.4(58.7—61.2)μm。极面观为三角形，边稍凹。角孔平或稍凸。外壁皱疣状纹饰，皱脊或疣块间可见少量的小穿孔。外壁层可区分为薄而不完全连续的复盖层，厚薄不均，厚的可达0.8μm，薄的仅0.15—0.2μm，柱状层分化不明显，发育极差，切面上看小柱呈圆形的大颗粒，整个柱状层的厚度仅0.15—2μm，个别地方甚至可见复盖层几乎与基层直接相连。基层则发达而厚（1—1.5μm），其厚度为复盖层与柱状层总和的1.5到2.5倍。外壁内层在萌发孔下方及两旁均较发达，呈海绵状及片状（图版Ⅳ：11），在其它地方也可见发育较差呈星散颗粒状分布的外壁内层（图版Ⅳ：10及9的箭头处）。

## 讨 论

从所考查的山龙眼属(10种)和假山龙眼属(2种)花粉的形态特征看，其同一属内不同种类花粉的外部形态特征(如花粉的形状、萌发孔和外壁纹饰等）及外壁的层次结构（如复盖层、柱状层和基层的相对厚度及其比例）是很一致的，只是不同种类的花粉大小略有不同。尤其是外壁表面的纹饰特征及外壁各个层次的厚度比例，同一属内不同种类几乎看不出什么差异，说明这两个属都是很自然的“类群”。

假山龙眼属与山龙眼属相比，不论是花粉大小和纹饰特征还是外壁的超微结构（如外壁的总厚度及各层次厚度比例）均有较大差异。如前者的花粉大小往往为后者花粉的2倍；其外壁为明显的粗网状纹饰，而山龙眼属的则为粗糙颗粒状纹饰；假山龙眼属花粉的外壁厚达2.5到3μm，为山龙眼属花粉外壁厚(1—1.2μm)的2倍多，而且前者有厚的柱状层(0.8—1μm)和基层(1—1.5μm)，后者则以薄的柱状层(仅0.15—0.2μm)及薄的基层(0.5—0.6μm)为其特征。但前者的外壁内层(endexine)却远不如后者发达，尤其在萌发孔及其附近的外壁内层，山龙眼属的厚而发达，呈疏松的海绵状结构(图版Ⅰ:9; Ⅱ:6, 10, 11; Ⅲ:10, 11)，而假山龙眼属的则很不发达。由此可见，孢粉学上支持 Sleumer 把原隶属山龙眼的痄腮树等改隶新组合为假山龙眼属 *Heliciopsis* [3]。

另外，尽管假山龙眼属的花粉形态特征与山龙眼属的有很大差异，但却与 Johnson 系统中关系较疏远，分别隶属于不同亚科的 *Sphalmium* 属(Sphalmioideae 亚科)及 *Carnarvonia* 属(Carnarvonioideae 亚科)[1]的花粉很相类似。大小也近似(*Carnarvonia* 除外)。表现为具网状外壁纹饰。外壁层次中的柱状层和基层均很厚，复盖层则较薄，外壁内层不发达等[4]（图版Ⅶ：1—6，Ⅷ：1—6以及表1)。据 Johnson[1] 记载，*Sphalmium* 属为单种属，产于澳大利亚东北部。原置于 Persoonioideae 亚科，但与该亚科在染色体数及果实、种子类型均不同（它具蓇葖果及带翅的种子)。虽然在木材解剖和具蓇葖果这方面与银桦亚科表现某些相似性，但其根本不同在于花单独生于花轴上，组成简单的花序，而不象该亚科的花，成对生于花序轴上或呈假总状聚合花序。成对的种子也显得很独特：悬挂于由倒生胚珠近基部最初游离的珠柄经扩大

和聚合而成的假隔膜上。Johnson 认为， *Sphalmium* 属很明显地是在产生银桦亚科的“演化线”近基部某处发生趋异演化而来。*Carnarvonia* 属和 *Sphalmium* 属一样，亦分布于澳大利亚东北部，有 2 个种。由它单独建立的亚科 Carnarvonioideae, 必然也是由前银桦类（pre-Grevilleoids）早期分化而来。过去它被置于银桦亚科，但没有指定任何族的位置。其花序表现出某种程度的聚合，形成松散的聚合花序(conflorescence)，但尚未达到成对生花（paired-flower）状态。其叶片显得很奇特而多样性：为掌状或部分羽状分裂（一级或二级分裂)。这样独特的叶形几乎未在其它任何植物遇到过。为此，Venkata 曾把它作为银桦亚科最亲近的成员，置于异形族澳洲坚果族 Macademieae 内。而 Johnson 则认为它与 *Sphalmium* 属一样孤立，因而从大的亚科分出来，并为它设立了一个亚科 Carnarvonioideae [1] 。问题是为什么这 3 个分别属于不同亚科的属, 其花粉形态特征会表现出如此大的相似性? 是属于偶然的类同抑或是亲缘关系很密切的表现? 仅从花粉形态特征考虑, 这 3 个属确实具有较为密切的亲缘关系, 甚至可以考虑放在同一个大类群如亚科甚至同一族内。因为从已研究过的山龙眼科的花粉来看，只有这 3 个属的花粉形态特征表现出如此大的相似性。况且它们所具有的花粉形态特征在山龙眼科其它属尚未遇到过。诚然，由于该科如此庞大，共 75 个属，1300 多种，而至今为止进行过花粉形态研究的仅有 19 属约 100 种，只占该科属种的很少部分。特别是银桦亚科中作过花粉研究的仅有 Embothrieae 族中的 8 个属及本文的 3 个属，共 11 个属，只占该亚科（40 属）的 1／4 强。可见很有必要对其它属，特别是与假山龙眼属同一族的其它属（*Virotia*, *Hicksbeachia*, *Athertonia* 及 *Malagasia* 属）作进一步的研究，并综合其它学科的资料。只有这样，才能对假山龙眼属与 *Sphalmium* 及 *Carnarvonia* 属花粉形态的相似性作出合理的解释，并对它们的系统发育关系问题作出进一步的处理。

银桦属的花粉在纹饰特征、外壁层次的厚度及其比例等也与前两属截然不同，说明它与山龙眼属及假山龙眼属的亲缘关系较疏远。孢粉学上支持把这 3 个属置于银桦亚科不同的族。

**致谢** 本研究过程中, 美国西南路易斯安那大学电镜中心不仅提供仪器设备, 而且给予技术上的指导和帮助, 为此作者特别感谢 Pesacreta T.博士和 Julie L. 小姐。

**附录: 凭证标本**

镰叶山龙眼 *Helicia falcate* 毛品一 4348, 云南屏边;
长柄山龙眼 *H. longipetiolata* 武全安 8216, 云南文山;
潞西山龙眼 *H. tsaii*, T.T.Yu 16233, 云南嵩明;
西藏山龙眼 *H. tibetensis* 青藏队 74-5084, 西藏墨脱;
焰序山龙眼 *H. pyrrhobotrya* C. W. Wang 77190, 云南勐海;
广东山龙眼 *H. Kwangtungensis*, 卫兆芬 120514 广东和平;
网脉山龙眼 *H. reticulata* 冯国楣 22970 云南麻栗坡;
小果山龙眼 *H. cochinchinensis* 高锡明 51644, 海南三亚市;
深绿山龙眼 *H. nilagirica* 绿春队 471, 云南绿春;
大山龙眼 *H. grandis* 绿春队 1685, 云南元阳;
痄腮树 *Heliciopsis terminalis* 周弦 648, 云南瑞丽;
假山龙眼 *Heliciopsis henryi* 中苏队 5831, 云南勐养;
银桦 *Grevilles robusta* 蔡国梁 132, 福建樟州。

**图版说明 Explanation of plates**

**图版 I** 1. *Helicia falcata;* 2. *H. longipetiolata;* 3—4. H. tsaii; 5—6. *H. longipetiolata*, 5 × 10,000, 6 × 6660; 7. *H. tsaii*, × 11,330; 8. *H. tsaii*, × 2330, 切面正好通过其中一个萌发孔(箭头); 9. 为图 8 萌发孔处的局部放大，× 6660, 示萌发

孔膜内面薄而层片状的外壁内层(endexine)及萌发孔两侧海绵状外壁内层(上方箭头); 10. *H. longipetioolata*, ×4000, 切面虽然没有经过萌发孔,但其内表面仍可见到部分海绵状的外壁内层(箭头); 11. 为图10的局部放大, ×8000.

**图版Ⅱ 1—2.** *Helicia tibetensis*; 3. *H. pyrrhobotrya*; 4. *H. kwangtungensis*; 5. *H. tibetensis*, × 10000; 6. *H. kwangtungensis*, ×2670, 切面正好通过两个萌发孔,萌发孔内海绵状外壁内层非常明显(箭头); 7. *H. tibetensis*, ×10000, 基层内有分离的薄层结构与海绵状结构掺杂一起; 8. *H. tibetensis*, ×3330; 9. 图8的局部放大, ×10000, 示绵状结构与薄层结构组成的外壁内层; 10—11. *h. kwangtungensis*, ×6670, 萌发孔处外壁的局部放大,在图10中,其海绵结构密布于萌发孔内方,与薄层状结构混杂一起,其外方形成"孔室"。

**图版Ⅲ** 1—2. *Helicia reticullata*; 3—4. *H. cochinchinensis*; 5. *H. reticulata*, ×8000, 箭头示断断续续的细颗粒状的外壁内层; 6. *H. reticulata*, ×2330, 切面靠近萌发孔,箭头示外壁内层; 7—9. *H. cochinchinensis*, 7×3330, 8—9. ×8000; 箭头示海绵状与层片相互掺杂在一起的外壁内层; 10. *H. reticulata*, ×10,000, 箭头示萌发孔内面的海绵状外壁内层; 11. *H. reticulata*, ×2,660, 切面正好通过一个萌发孔,孔前端为薄层状的结构,两侧为海绵状结构。

**图版Ⅳ** 1. *Helicia nilagirica*; 2. *H. grandis*; 3—4. *Grevillea robusta*; 5. *H. grandis*, ×10000, 6. *H. grandis*, ×13330, 箭头示海绵状结构的外壁内层; 7—11. *Grevillea robusta*, 7. ×2660, 示海绵状的外壁内层及层片状的基层; 8.×1000, 切面正好通过其中一个萌发孔; 9.×5330, 复盖层厚薄不均,多数地方都很薄,个别部位则由于疣状隆起而显得很厚(如箭头所示); 柱状层发育较差,呈颗粒状结构; 基层厚,为复盖层的3到4倍; 10.×1660, 复盖层不连续,稍呈波浪形(箭头); 11. ×5330, 复盖层厚薄不均,柱状层为粗颗粒结构,基层分离成层片状,外壁内层海绵状(箭头)。

**图版Ⅴ** 1—2. *Heliciopsis henryi*; 3—4. *H. terminalis*; 5—8. *H. henryi*; 5×2330, 6.×2660, 切面内面似乎属结构疏松的外壁内层(?), 7.×2660, 8.×1330; 9—11. *H. terminalis*, 9.×3330, 10.×1000, 11.6670, 基层及柱状层均很厚,基层内有很薄而分离的外壁内层(?)。

注: 在所有的扫描电镜照片中,每幅图象最下方的刻度(5μm)均代表上方花粉图的比例; 下方局部放大图均放大5倍(图版Ⅳ中图4除外,其局部放大图为放大10倍)。

## 参考文献


[1] Johnson L A S, Briggs B G. On the Proteaceae–the evolution and classification of a southern family. *Bot J Linn Soc* 1975; **70**(2): 83—182

[2] 中国科学院中国植物志编委会(丘华兴等编). 中国植物志第24卷. 北京: 科学出版社, 1988:5—29

[3] Sleumer H. Studies in old world Proteaceae. *Blumea* 1955a; 8: 1—95

[4] Feuer S. Pollen morphology and evolutiion in th Persoonioideae, Sphalmioideae and Carnarvonioideae(Proteaceae). *Pollen et Spores* 1986; **18**(2): 123—156

[5] Feuer S. Pollen morphology of Embothrieae(Proteaceae) Ⅰ. Buckinghamiinae, Stenocarpinae and Lomatiinae. *Grana* 1989; **28**: 225—242

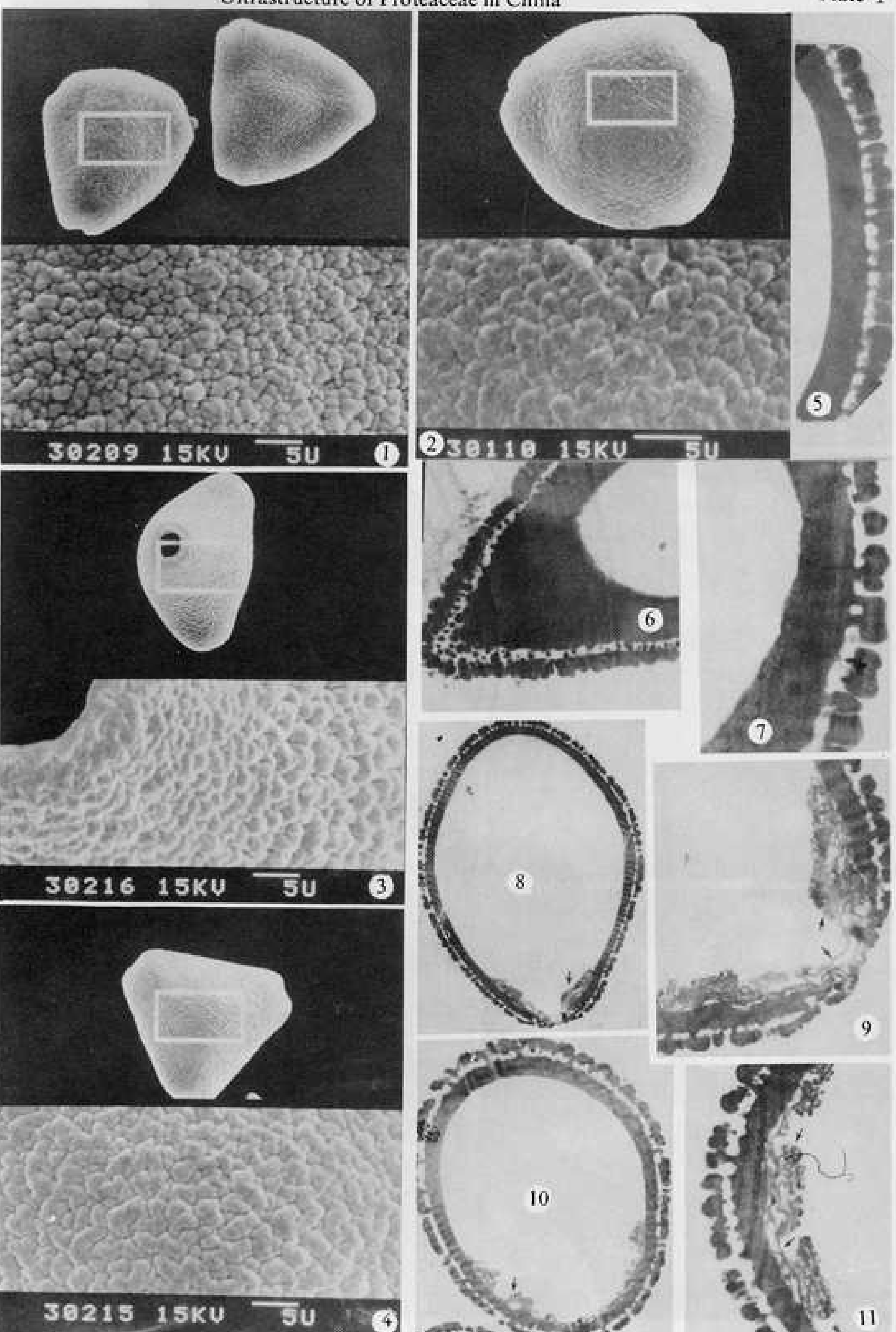
[6] Feuer S. Pollen morphology of Embothrieae(Proteaceae) Ⅱ. Embothriinae(Embothrium, Oreocallis, Telopea). *Grana* 1990; **29**: 19—36

[7] 中国科学院植物研究所古植物室孢粉组,华南植物研究所形态室. 热带亚热带被子植物花粉形态. 北京: 科学出版社, 1982:299—302

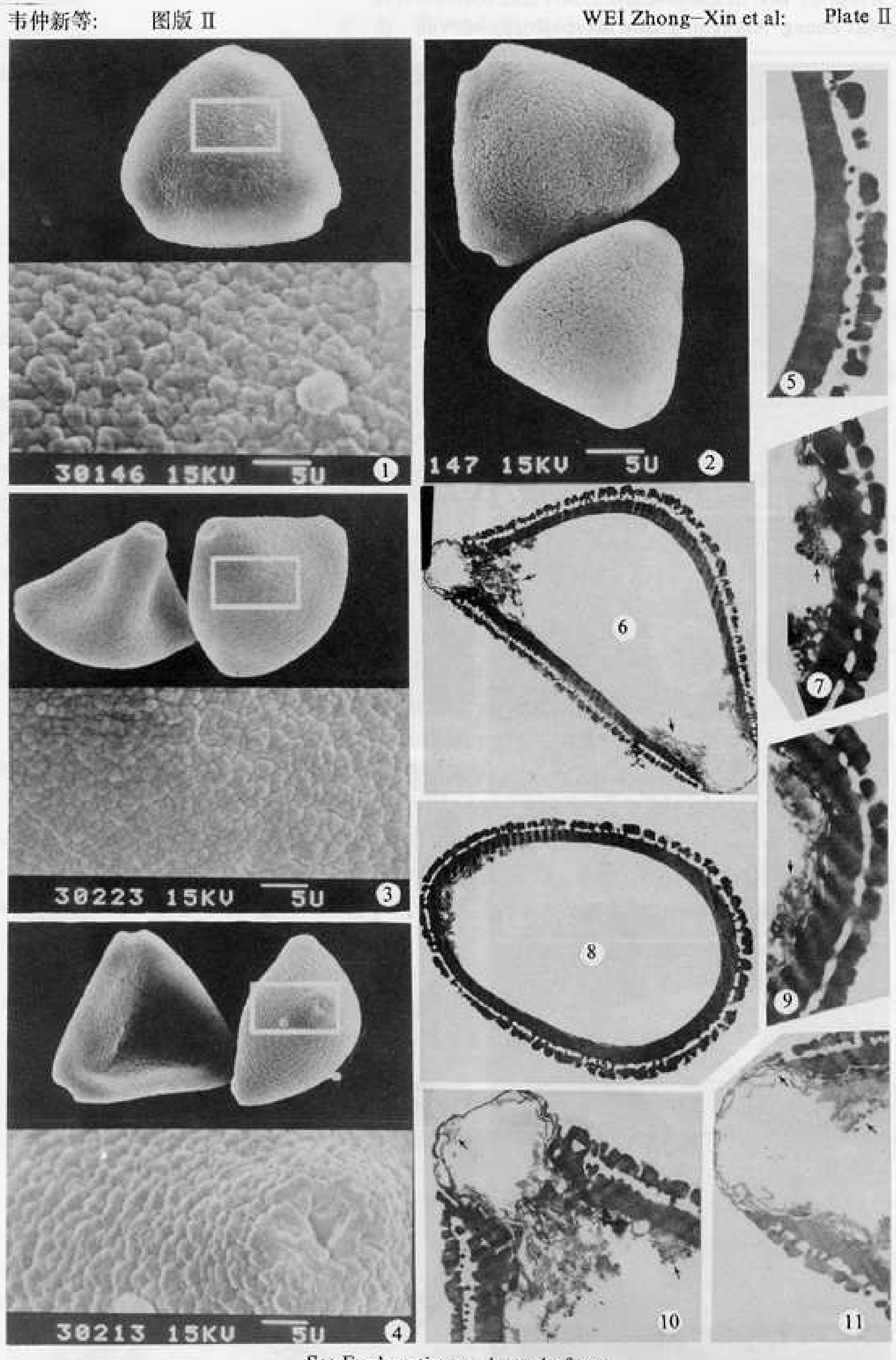
[8] G. 额尔特曼(王伏雄,钱南芬译). 花粉形态与植物分类. 北京: 科学出版社, 1962: 281—310

[9] Huang Tseng–chieng. Pollen flora of Taiwan. National Taiwan University Botany Department Press. Taipei, Taiwan. 1972:189

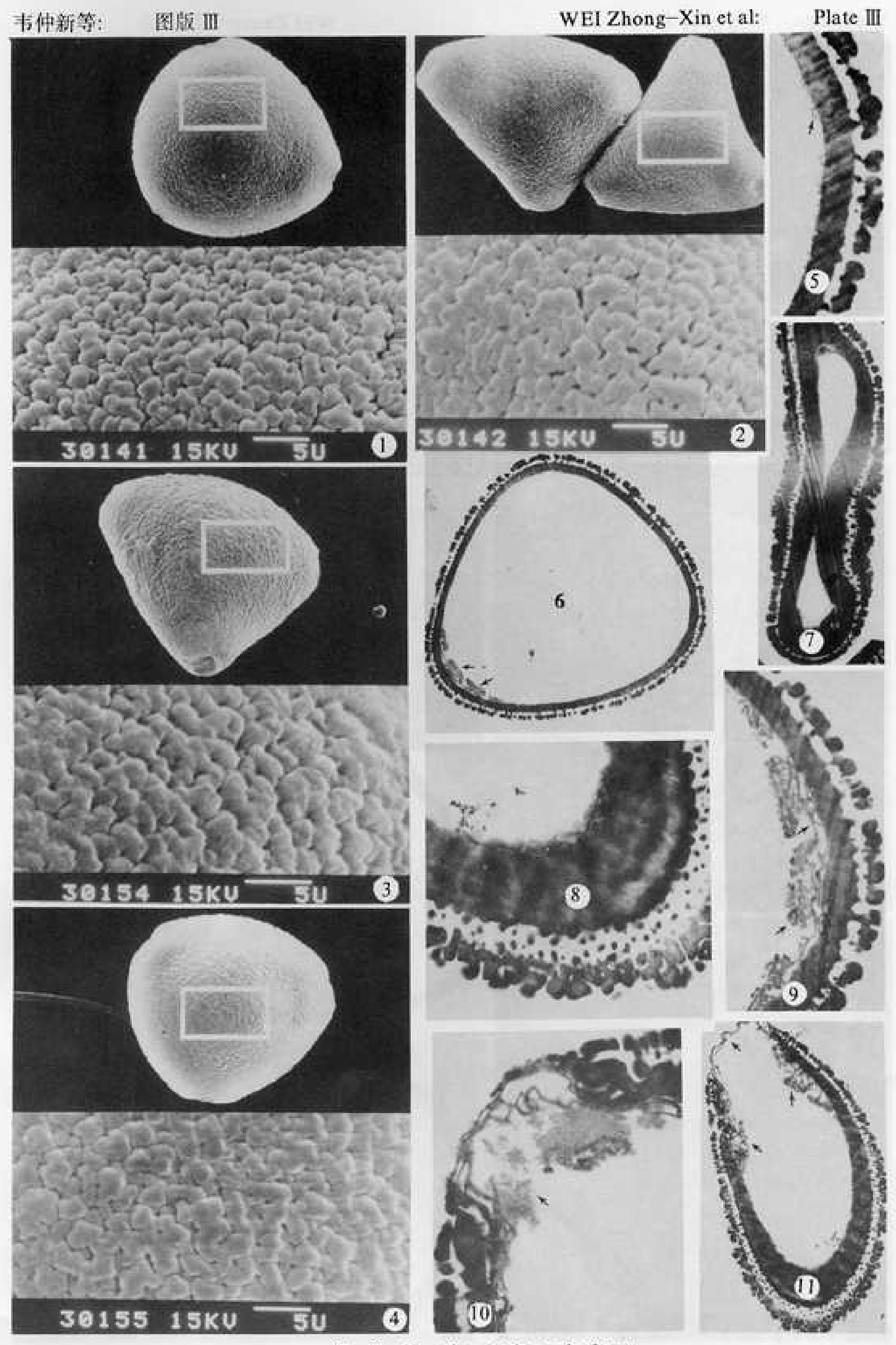
[10] Wei Zhong–xin et al. Pollen morphology of Camellia and its taxonomic significance. *Acta Botanica Yunnanica* 1992; **14**(3): 275—282



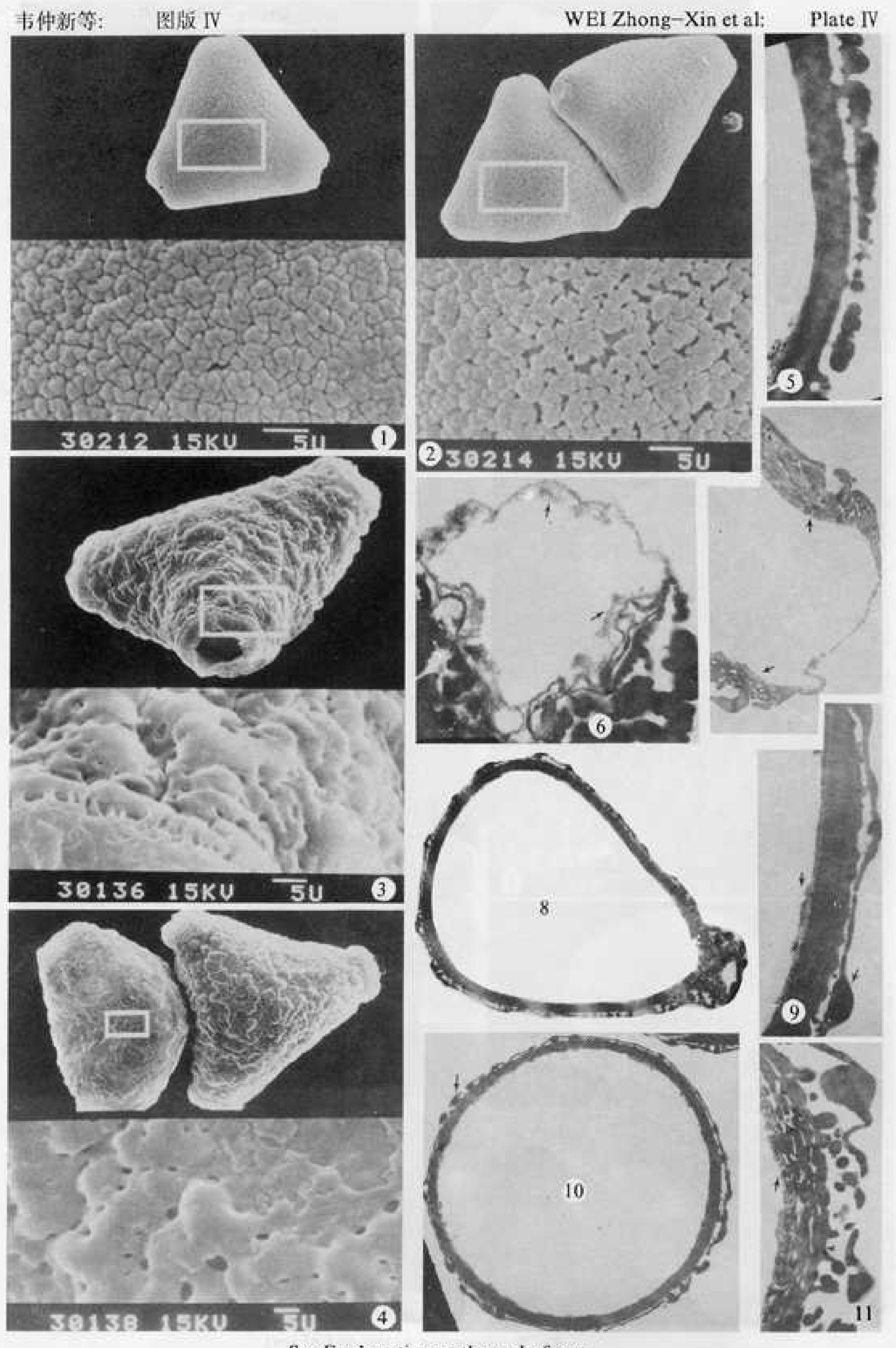

See Explanation at the end of text



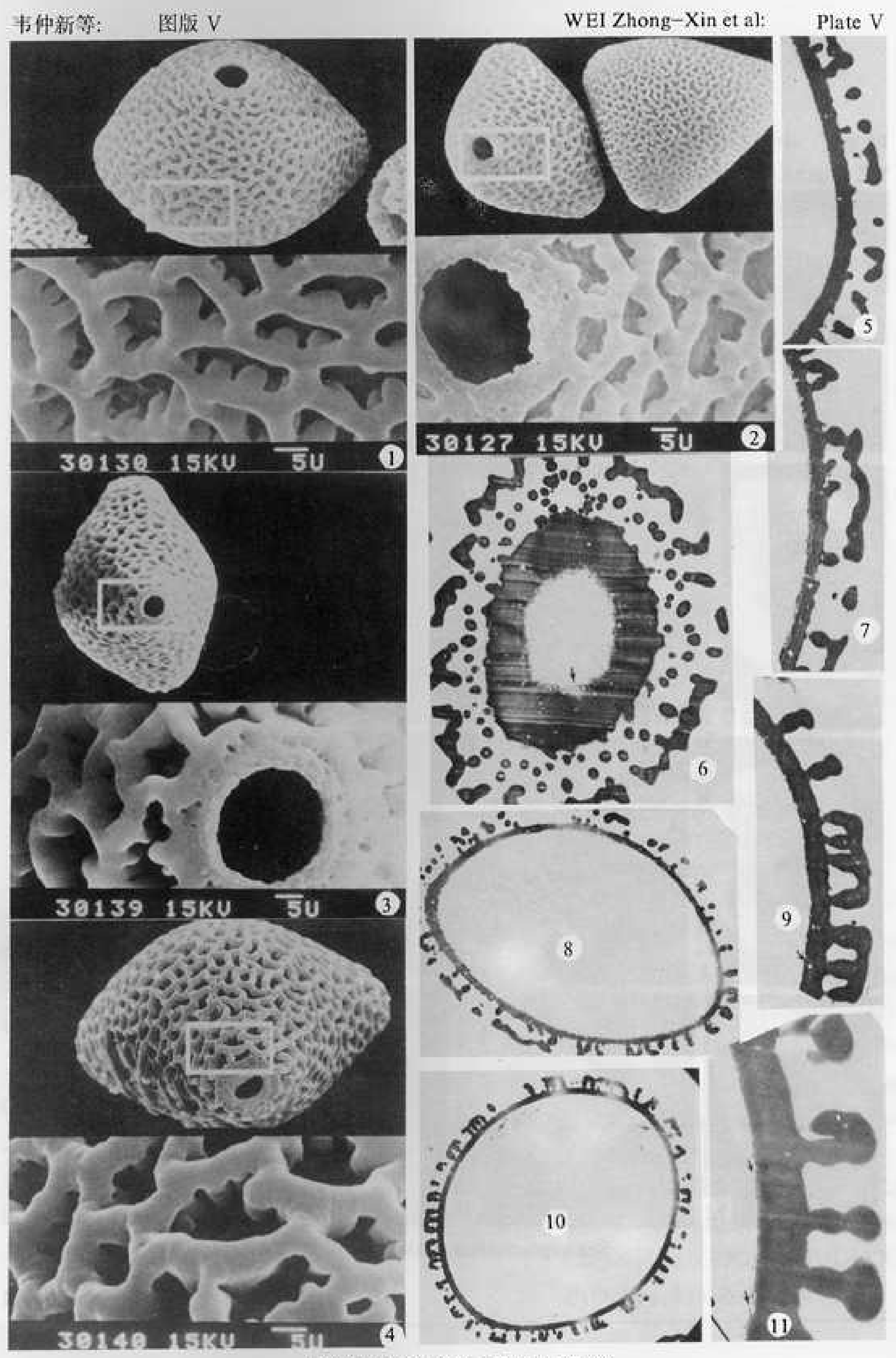

See Explanation at the end of text




See Explanation at the end of text




See Explanation at the end of text




See Explanation at the end of text